

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada Bab V mengenai keandalan pondasi *bored pile* dengan mempertimbangkan nilai *Standard Penetration Test* (SPT), dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi nilai *Standard Penetration Test* (SPT) pada dua titik penyelidikan dengan kedalaman 16 m, 18 m, 20 m, 22 m, dan 24 m menghasilkan perbedaan kapasitas daya dukung pondasi *bored pile*. Dari analisis deterministik dengan menggunakan metode Meyerhof menunjukkan bahwa adanya peningkatan kapasitas daya dukung ultimit seiring bertambahnya tingkat kedalaman dan nilai N-SPT. Penelitian ini menunjukkan nilai faktor keamanan deterministik berada di atas minimum yang dengan kriteria  $S_f=3$ . Namun, perbedaan distribusi nilai SPT antar titik menyebabkan variasi kapasitas daya dukung yang signifikan, sehingga satu nilai karakteristik tanah tidak mampu merepresentasikan kondisi tanah secara menyeluruh.
2. Hasil analisis probabilistik menggunakan metode Monte Carlo menunjukkan bahwa distribusi kapasitas daya dukung (R) dan beban (S) menghasilkan probabilitas kegagalan dengan rentang nilai  $P_f$  sebesar 0,08–0,12 dan nilai indeks keandalan ( $\beta$ ) berada pada nilai 1,0–1,2. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun pondasi memenuhi faktor keamanan

deterministik, tetapi masih memiliki tingkat risiko kegagalan. yang disebabkan akibat dari variabilitas parameter tanah.

3. Hubungan antara faktor keamanan deterministik (SF), probabilitas kegagalan (Pf), reliabilitas (R), dan indeks keandalan ( $\beta$ ) menunjukkan pola yang konsisten. Pada kondisi Pf rendah (0,05–0,07), nilai reliabilitas berada pada nilai  $R \approx 0,93–0,95$  dengan indeks keandalan  $\beta > 1,0$ . Akan tetapi, pada nilai Pf di atas 0,15, nilai reliabilitas menurun hingga  $R < 0,85$  dan indeks keandalan  $\beta < 1,0$ . Temuan ini menegaskan bahwa faktor keamanan deterministik tidak dapat dijadikan indikator utama dalam keandalan dan pendekatan probabilistik perlu diperhitungkan.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan pondasi bored pile, disarankan untuk tidak hanya mengandalkan analisis deterministik, tetapi juga analisis probabilistik untuk mengevaluasi risiko kegagalan secara lebih realistis. Pendekatan ini sangat penting terutama pada lokasi dengan kondisi tanah yang heterogen dan data investigasi tanah yang terbatas.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan jumlah iterasi *monte carlo* yang lebih besar agar hasil simulasi semakin konvergen dan representatif terhadap kondisi probabilistik yang sebenarnya. Penggunaan distribusi probabilitas yang berbeda untuk parameter tanah dan beban juga

dapat dipertimbangkan.

3. Pengembangan penelitian dapat dilakukan dengan mempertimbangkan variasi diameter tiang, konfigurasi kelompok tiang, serta pengaruh interaksi tanah–struktur, sehingga hasil analisis dapat diaplikasikan pada kondisi perencanaan yang lebih kompleks.
4. Mengkombinasikan data SPT dengan data uji tanah lainnya, seperti CPT atau uji laboratorium, untuk meningkatkan akurasi parameter statistik tanah yang digunakan dalam analisis probabilistik.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan bahan pertimbangan bagi perencana geoteknik dalam merancang pondasi *bored pile* yang tidak hanya memenuhi faktor keamanan minimum, tetapi juga memiliki tingkat keandalan yang memadai sesuai dengan prinsip desain berbasis keandalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alpan, I. (1970). The geotechnical properties of soils. *Earth-Science Reviews*, 6(1), 5–49.
- Anbazzhagan, P., Uday, A., Moustafa, S. S. R., & Al-Arifi, N. S. N. (2017). Soil void ratio correlation with shear wave velocities and SPT N values for Indo-Gangetic basin. *Journal of the Geological Society of India*, 89(4), 398–406.
- ASTM. (2011). *ASTM D1586-11: Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils*. ASTM International.
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Brown, D., Wulleman, T., & Bottiau, M. (2016). A comparison of design practice of bored piles/drilled shafts between Europe and North America. *DFI Journal-The Journal of the Deep Foundations Institute*, 10(2), 54–63.
- Budhu, M. (2010). *Soil mechanics and foundations*. John Wiley and Sons.
- Chenari, R. J., Fatahi, B., Ghoreishi, M., & Taleb, A. (2019). Physical and numerical modelling of the inherent variability of shear strength in soil mechanics. *Geomechanics and Engineering*, 17(1), 31–45.
- Choi, S. K., Grandhi, R. V., dan Canfield, R. A. (2007). *Reliability-Based Structural*
- Das, B. M. (2010). *Principles of Foundation Engineering* (7th ed.). Cengage Learning. Design. Springer, London.
- Ditlevsen, O., dan Madsen, H. O. (1996). *Structural Reliability Methods*. Wiley.
- El Gendy, M. (2025). *Reliable Prediction of Bored Pile Load-Settlement Response Using Machine Learning and Monte Carlo Simulations*. Geotechnical and Geological Engineering, Vol. 43, hlm. 472–500.
- Heidarie Golafzani, S., Jamshidi Chenari, R., & Eslami, A. (2020). Reliability based assessment of axial pile bearing capacity: static analysis, SPT and CPT-based methods. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, 14(3), 216–230.
- Kusumawardana, N., dan Fajarwati, Y. (2021). *Analisa Daya Dukung Fondasi Tiang Bor pada Pembangunan Gedung PT. Anik di Kabupaten Gresik*. Jurnal Teknik Sipil, Vol. 12, No. 1, hlm. 68–78

- Kuwajima, K., Hyodo, M., & Hyde, A. F. (2009). Pile bearing capacity factors and soil crushability. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 135(7), 901–913.
- Lamouri, H., El Mkhalet, M., dan Lamdouar, N. (2024). *Probabilistic Modeling and Structural Reliability Based Monte Carlo Simulation: A Case Study*. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, Vol. 72, No. 5, hlm. 321–331
- Lin, C., Wang, G., Guan, C., Feng, D., & Zhang, F. (2023). Experimental study on the shear characteristics of different pile-soil interfaces and the influencing factors. *Cold Regions Science and Technology*, 206, 103739.
- Ma, Y., & Deng, N. (2000). Deep foundations. In *Bridge engineering handbook* (pp. 183–233). CRC Press Boca Raton, Florida.
- Mahadevan, S. (1997). Monte carlo simulation. *Mechanical Engineering-New York and Basel-Marcel Dekker-*, 123–146.
- Marek, P., Brozzetti, J., Gustar, M., & Elishakoff, I. (2002). *Probabilistic assessment of structures using Monte Carlo simulations*. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection.
- Meyerhof, G. G. (1976). *Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations*. *Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE*, 102(GT3), 195–228.
- Nobahar, A. (2003). *Effects of soil spatial variability on soil-structure interaction*. Memorial University of Newfoundland.
- Oemar, F., Santoso, A. H., dan Setiawan, B. (2021). *Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Bore Pile pada Pembangunan Proyek Fly Over Martadinata Kota Tangerang*. *Jurnal Teknik Sipil dan Aplikasi Teknik Sipil*, Vol. 21, No. 2, hlm. 45–52.
- Phoon, K. K., dan Kulhawy, F. H. (1999). *Characterization of Geotechnical Variability*. *Canadian Geotechnical Journal*, 36(4), 612–624.
- Phoon, K.-K., & Ching, J. (2018). *Risk and reliability in geotechnical engineering*. CRC Press.
- Prativi, A., Dewi, P., Sutra, N., Adi, W. T., & Weijia, C. (2022). A Comparison of Individual Bored Pile Bearing Capacity Using the Results of Standard Penetration Test (SPT) and Pile Driving Analysis (PDA) Test of the Railway Bridge Foundation. *Journal of Railway Transportation and Technology*, 1(2), 14–23.

- Rahman, M. R. N., Hidayat, T., dan Prakoso, W. A. (2025). *Evaluasi Kapasitas Aksial Tekan Tiang Bor Berdasarkan Data SPT dan SLT (Studi Kasus Gedung Rumah Sakit Klaten)*. Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur, Vol. 31, No. 1, hlm. 77–84.
- Schweiger, H. F., Thurner, R., & Pöttler, R. (2001). Reliability analysis in geotechnics with deterministic finite elements—Theoretical concepts and practical application. *International Journal of Geomechanics*, 1(4), 389–413.
- Silveira, I. A., Giacheti, H. L., Rocha, B. P., dan Nogueira, C. G. (2024). *Probabilistic Analysis of Seasonal Influence on the Prediction of Pile Bearing Capacity by CPT: A Case Study*. Probabilistic Engineering Mechanics, Vol. 75, Artikel 103578.
- Ushakova, E. (2023). *Reliability Analysis of Pile Foundations: Peculiarities of Consideration of Uncertainties and Partial Factors*. E3S Web of Conferences, Vol. 376, Artikel 03018.
- Van Nguyen, Q., Fatahi, B., & Hokmabadi, A. S. (2017). Influence of size and load-bearing mechanism of piles on seismic performance of buildings considering soil–pile–structure interaction. *International Journal of Geomechanics*, 17(7), 4017007.
- Wang, Y., & Cao, Z. (2013). Expanded reliability-based design of piles in spatially variable soil using efficient Monte Carlo simulations. *Soils and Foundations*, 53(6), 820–834.
- Wazoh, H. N., & Mallo, S. J. (2014). Standard Penetration Test in engineering geological site investigations—A review. *Int. J. Eng. Sci*, 3, 40–48.
- White, D. J., & Bolton, M. D. (2005). Comparing CPT and pile base resistance in sand. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Geotechnical Engineering*, 158(1), 3–14.